



Helena Aronsson, Maria Stenberg och Tomas Rydberg

Kväve- och fosforutlakning från två växtföljder på lerjord med grön- och stubbträda



Ekohydrologi 113

Uppsala 2009

Enheten för biogeofysik och vattenvård

Sveriges lantbruksuniversitet

ISRN SLU-VV-EKOHYD—113-SE

ISSN 0347-9307

Swedish University of Agricultural Sciences

INNEHÅLL

TILLKÄNNAGIVANDEN	2
SAMMANFATTNING	3
INLEDNING	5
MÅL	5
MATERIAL OCH METODER	5
Försöksfältet	5
Försöksplan och odlingsåtgärder	6
Fältmätningar och analyser	8
RESULTAT OCH DISKUSSION	9
Skördar, växtrester och grödors tillväxt under hösten	9
Mineralkvävedynamiken i marken	14
Avrinning och utlakning av näringsämnen och glyfosat	18
SLUTSATSER	23
REFERENSER	23

TILLKÄNNAGIVANDEN

Det redovisade försöket bedrivs med medel från Jordbruksverket och Sveriges lantbruksuniversitet. Det är ett samarbetsprojekt mellan olika enheter vid Institutionen för mark och miljö med Helena Aronsson, Maria Stenberg och Tomas Rydberg som projektledare. Försöket är beläget på Lönnstorps försöksstation i Skåne, där Anders Engberg med personal har ansvarat för försökets skötsel samt provtagning av vatten, jord och grödor. Gröd-, jord- och vattenprover har analyserats vid laboratorier vid Institutionen för mark och miljö.

SAMMANFATTNING

I utlakningsförsöket vid Lönnstorp studerades en växtföljd bestående av höstraps, höstvet, sockerbetor, vårkorn och ettårig träda i två olika variationer. I den ena växtföljdsvarianten odlades inga fånggrödor och den ettåriga trädan utgjordes av stubbträda. I den andra odlades insådd rajgräsfånggröda efter höstvet och efter vårkorn, där den efter skörd av kornet övergick i gröntträda. Denna rapport omfattar ett växtföljdsomlopp under 2003-2007. Studien bedrevs på specialdränerade försöksrutor där utlakningen av näringsämnen mättes med hjälp av avrinningsmätning och flödesproportionell vattenprovtagning. De olika försöksleden cirkulerade på fem rutor vardera. Mätningar gjordes också av skörden och dess innehåll av kväve och fosfor, kväveupptag i grödor under hösten samt markens mineralkväveinnehåll vid några tidpunkter under året.

Målet med studierna var följande:

- Att jämföra utlakning från stubbträda respektive träda bevuxen med gräs under hösten.
- Att studera risken för utlakning och kvävedynamiken i marken efter brytning av två olika trädestyper under sommaren inför sådd av höstraps.
- Att stärka de slutsatser som framkommit under tidigare försöksperiod beträffande senarelagd jordbearbetning och fånggrödor som effektiva åtgärder mot kväeutlakning.

Förhållandena för de olika grödorna varierade under åren, men generellt var skördarna av höstvet, sockerbetor goda jämfört med vad som normalt uppnås i området. Skördarna av vårkorn låg ungefär i nivå med områdets normskördar medan höstraps-skörden var sämre. Insådden av fånggrödor på våren fungerade bra i höstvet och vårkorn, men skörden blev lägre leden med fånggröda (höstvet, 8% och vårkorn, 6%). Delar av dessa skillnader berodde troligtvis på fånggrödan. När det gällde mineralkvävedynamiken i marken och kväeutlakning fanns det tydliga skillnader som kunde härröras till ledens behandlingar, medan fosforutlakningen (mättes 3 år av 5) inte uppvisade några systematiska skillnader. Medelutlakningen av kväve varierade mellan 8 och 22 kg/ha och år i de olika leden. Minst var den där en insådd fånggröda fick växa hela vintern samt i växande höstraps som såtts efter brytning av gröntträda. Fosforutlakningen var liten, aldrig över 0,1 kg/ha.

Utifrån de mål som fanns med projektet framkom följande slutsatser:

Att hålla marken bevuxen med insådd fånggröda under hösten gav ett effektivare skydd mot utlakning än en riklig ogräsvegetation. I ogräsvegetationen var kvävehalten ofta högre och materialet troligen mer lättomsättbart, vilket ledde till att mer utlakningsbart kväve frigjordes under höst och vinter. Gröntträda gav alltså mindre utlakning första vintern än stubbträda.

Om en fånggröda ska utnyttjas riktigt effektivt ska den helst växa till våren, det framgick vid jämförelse av led med nedbrukning av fånggröda i slutet av november och led med fånggröda som övergick i gröntträda.

Att utesluta jordbearbetningen helt på hösten, även då ingen fånggröda odlades, ledde till att utlakningen blev lägre de flesta år än då marken bearbetades på hösten. Enbart senareläggning av jordbearbetningen på hösten hade under ett par år ingen tydlig utlakningsminskande effekt, men underlaget är osäkert.

Höstvetet som såddes under första halvan av september efter höstraps hade god tillgång till kväve i marken. Tillväxten och kväveupptaget blev stort, 20-30 kgN/ha. Ändå var utlakningen relativt stor vilket troligen delvis berodde på att det fanns överblivet gödselkväve kvar i marken efter rapsgrödan.

Kemisk brytning av trädor i juli 2007 gav upphov till mätbara halter av glyfosat i dräneringsvattnet under hösten. Brytningen fick olika effekt på mineralkvävedynamiken i marken. I stubbträdan skedde en omedelbar frigörelse av kväve i marken och rapsen som såddes på hösten fick god tillgång till kväve även utan gödsling. I gröntträdan där växtmaterialet ofta hade kvävehalter <1% skedde däremot en fastläggning av kväve under flera år efter avdödning av fånggrödan. Rapsen växte här betydligt sämre och en slutsats är att det är tveamt att utesluta höstgödsling till höstraps efter gröntträda som denna.

INLEDNING

I denna rapport redovisas resultat under åren 2003-2007 från ett utlakningsförsök (R0-8404) beläget på moränlättilera vid Lönnstorps försöksstation i sydvästra Skåne. Försöket ingår sedan 1993 i forskningsprogrammet "Utlakningsförsök för långsiktig kontroll av odlingssystem med vintergrön mark" som finansieras av Jordbruksverket och SLU. Försöken inom projektet är belägna på fyra olika försöksplatser. De har ett gemensamt övergripande mål, där särskilt långsiktiga effekter av fånggrödor, stallgödseltillförsel och olika jordbearbetningsstrategier studeras. I försöket vid Lönnstorp studerades under perioden 2003-2007 en växtföljd bestående av höstraps, höstvet, sockerbetor, vårkorn och ettårig träda i två olika variationer, med varierande grad av vintergrön mark. I den ena varianten odlades inga fånggrödor och den ettåriga trädan utgjordes av stubbträda. I den andra odlades insådd rajgräsfånggröda efter höstvet och efter vårkorn, där den efter skörd av kornet övergick i grönträda. Denna rapport omfattar ett växtföljdsomlopp under 2003-2007. Efter 2007 har det skett en omläggning av försöket till växtföljd inriktad på energigrödor. Tidigare försöksperioder finns rapporterade av bl. a. Hessel et al. (1998) och Aronsson & Torstensson (2003).

MÅL

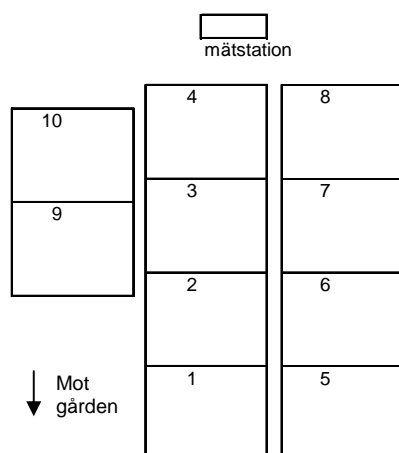
Målet med studierna under 2003-2007 var följande:

- Att jämföra utlakning från stubbträda respektive träda be vuxen med gräs under hösten.
- Att studera risken för utlakning och kvävedynamiken i marken efter brytning av två olika trädestyper under sommaren inför sådd av höstraps.
- Att stärka de slutsatser som framkommit under tidigare försöksperiod beträffande senarelagd jordbearbetning och fånggrödor som effektiva åtgärder mot kväveutlakning.

MATERIAL OCH METODER

Försöksfältet

Försöksfältet, som anlades med 8 specialdränerade rutor 1985, är beläget vid Lönnstorps försöksstation ca 5 km sydväst om Lund. Under 1992 kompletterades försöksplatsen med ytterligare två rutor (ruta 9 och 10). Jordarten är moränlättilera. Försöksrutornas inbördes läge framgår av figur 1. Matjorden är måttligt mullhaltig. Resultat från mekanisk jordartsanalys samt analys av organiskt kol och totalkväve redovisas i tabell 1. Angivna halter för varje skikt avser medelvärden för alla försöksrutorna. Dessa undersökningar gjordes våren 1992 innan försöket startades.



Figur 1. Försöksrutornas inbördes placering på fältet.

Tabell 1. Mekanisk jordartssammansättning i matjord och alv samt halt av organiskt kol och totalkväve

Djup cm	Organiskt C %	Tot-N	Ler	Mjåla %	Mo	Sand	Mull
0-30	2,1	0,2	23,1	13,5	37,1	21,1	3,0
30-60	0,8	0,1	22,4	16,1	35,5	23,3	0,7
60-90	0,3	0,0	23,3	20,0	34,4	20,3	

Tabell 2. Försökets växtföljd med två varianter på fem rutor vardera. Variant med grönbräda i led A-E respektive variant med stubbräda i led F-J

Växtföljd	med stubbräda		med fånggrödor och grönbräda	
	Led		Led	
Höstraps	A	Jordbearbetning efter skörd	F	Jordbearbetning efter skörd
Höstvete	B	Jordbearbetning efter skörd	G	Insådd fånggröda, sen höstplöjning
Sockerbetor	C	Sen höstplöjning	H	Sen höstplöjning
Vårkorn	D	Ingen höstbearbetning	I	Insådd fånggröda, ingen höstbearbetning
Träda	E	Stubbräda, kemisk brytning i juli	J	Grönbräda, kemisk brytning i juli

Försöksplan och odlingsåtgärder

Försöket var upplagt som en femårig växtföljd i två variationer, tabell 2. Variationen bestod främst av olika strategier för vintergrön mark. I led A-E användes insådd rajgräsfånggröda under två av åren. Fånggrödan efter vårkorn övergick i grönbräda. I led F-J odlades inga fånggrödor och trädan bestod av stubbräda. Bägge trädorna behandlades med glyfosat i mitten till slutet av juli varefter marken stubbearbetades och plöjdes. Inget kväve tillfördes i samband med sådd av höstrapsen, eftersom trädorna bedömdes kunna ha tillräckligt stor förfruktseffekt för att förse rapsen med kväve under hösten. Också inför sådd av höstvete plöjdes marken de flesta år, utom under de två sista åren då endast stubbearbetning användes. Efter skörden av sockerbetor som skedde under oktober, plöjdes marken i slutet av november till början av december.

De två varianterna av växtföljden cirkulerade på fem rutor vardera. Detta betydde att alla grödor fanns med varje år. Varje år fanns samma gröda på två rutor, men försöksleden hade alltså inga upprepningar. Tidpunkter för sådd, gödsling, skörd och olika jordbearbetningsförfaranden framgår av tabell 3. Växtnäring tillfördes i form av handelsgödsel med i stort sett samma givor varje år (tabell 4). Till höstraps och höstvete gavs delad giva på våren, till de andra grödorna i samband med sådd. Ogräs- och parasitbekämpning skedde i alla led vid behov.

Fånggrödan som användes var engelskt rajgräs. I vårkorn (led I) såddes den i samband med sådd av kornet och i höstvetet såddes den in på våren. Utsädesmängden var 8 kg/ha. Fånggrödan efter höstvete (led G) bröts helt på mekanisk väg genom plöjning i slutet av november till början av december. Fånggrödan efter kornet övergick följande år i grönbräda (led J)

Tabell 3. Tidpunkter för sådd, gödsling, skörd och olika jordbearbetningsåtgärder

	2003	2004	2005	2006	2007
A Höstraps	5	8	10	7	6
Sådd	16/8	14/8	16/8	16/8	8/9
Omsådd vårraps					23/4
Gödsling	1/4, 29/4	26/3, 19/4	30/3, 22/4	11/4, 19/4	22/4, 15/3
Skörd	29/7	9/8	3/8	1/8	12/9
Stubbearbetning	22/8	25/8	29/8	17/8	24/9
Plöjning	1/9	6/9	2/9	-	-
Harvning	10/9	9/9	2/9	-	24/9
B Höstvet	6	5	8	10	7
Sådd	22/9	10/9	10/9	6/9	
Gödsling	1/4, 6/5	16/4, 7/5	12/4, 27/4	21/4, 5/5	15/3, 26/4
Skörd	10/8	16/8	22/8	4/8	6/8
Stubbearbetning	22/8	-	29/8	-	26/10
Plöjning	21/11	2/12	28/11	22/11	4/12
C Sockerbetor	7	6	5	8	10
Sådd	1/4	13/4	1/4	27/4	12/4
Gödsling	1/4	2/4	1/4	26/4	1/4
Skörd	29/9	19/10	4/10	8/10	24/10
Plöjning	21/11	2/12	28/11	22/11	4/12
D Vårkorn	10	7	6	5	8
Sådd	3/4	19/4	12/4	2/5	29/3
Gödsling	1/4	14/4	12/4	2/5	29/3
Skörd	1/8	16/8	10/8	8/8	6/8
Jordbearbetning	-	-	-	-	-
E Stubbträda	8	10	7	6	5
Putsning	?	9/6	28/6	24/6	
Kem. behandling	?	22/7	28/7	12/7	10/7
Stubbearbetning	28/7	9/8	12/8	26/7	
Plöjning		10/8	12/8	10/8	9/8
Harvning	28/7, 14/8	10/8, 16/8	15/8	21/8	10/8, 27/8, 24/9
F Höstraps	Vårraps 5	4	9	3	2
Sådd	1/4	14/8	16/8	16/8	8/9
Omsådd vårraps					23/4
Gödsling	1/4	26/3, 19/4	30/3, 22/4	11/4, 19/4	22/4, 15/3
Skörd	20/8	9/8	3/8	1/8	12/9
Stubbearbetning	22/8	25/8	29/8	17/8	24/9
Plöjning	1/9	6/9	2/9	-	-
Harvning	10/9	9/9	2/9	-	24/9
G Höstvet+fånggröda	2	1	4	9	3
Sådd	22/9	10/9	10/9	6/9	?
Sådd av fånggröda	20/4	31/3	13/4	?	2/4
Gödsling	1/4, 6/5	16/4, 7/5	12/4, 27/4	21/4, 5/5	15/3, 26/4
Skörd	10/8	16/8	22/8	4/8	6/8
Plöjning	21/11	2/12	28/11	22/11	4/12
H Sockerbetor	3	2	1	4	9
Sådd	1/4	13/4	1/4	27/4	12/4
Gödsling	1/4	2/4	1/4	26/4	1/4
Skörd	29/9	19/10	4/10	8/10	24/10
Plöjning	21/11	2/12	28/11	22/11	4/12
I Vårkorn+ fånggröda	9	3	2	1	4
Sådd	3/4	19/4	12/4	2/5	29/3
Sådd av fånggröda	4/4	20/4	13/4	3/5	2/4
Gödsling	1/4	14/4	12/4	2/5	29/3
Skörd	1/8	16/8	10/8	8/8	6/8
Jordbearbetning	-	-	-	-	-
Grönträda	4	9	3	2	1
Putsning	?	9/6, 3/8	28/6	24/7	20/7
Kem. behandling	?	22/7	28/7	12/7	10/7
Stubbearbetning	28/7	9/8	12/8	26/7	
Plöjning		10/8	12/8	10/8	9/8
Harvning	28/7, 14/8	10/8, 16/8	15/8	21/8	10/8, 27/8, 24/9

Tabell 4. Genomsnittsgiva (mycket lite variation mellan åren) av kväve, fosfor och kalium (kg/ha) till de olika grödorna

	Kväve		Fosfor	Kalium
	Första givan	Andra givan		
Höstraps	70	60	11	33
Höstvete	60	90	10	29
Sockerbetor	120		32	58
Vårkorn	80		13	38

Fältmätningar och analyser

Försöksdränering och avrinningsmätning

Försöksfältets tio rutor har vardera storleken 37 x 26 m (figur 1). Varje ruta har ett separat dräneringssystem, där avrinningen mättes med dubbelsidiga vippkärl. Vippslagen registrerade dygnsvis avrinning med hjälp av en datalogger som också styrde vattenprovtagningen, se nedan.

Klimatdata

En klimatstation är belägen intill försöksfältet och där registrerades nederbörd, dygnsmedeltemperatur, vindhastighet samt globalinstrålning.

Vattenprovtagning, vattenanalyser och utlakningsberäkning

Vattenprover uttogs automatiskt i proportion till vattenflödet. Efter 0,2 mm avrinning togs delprov om ca 15 ml med hjälp av en perstaltisk pump till ett samlingsprov som vittjades var fjortonde dag. Vattenproven analyserades med avseende på NO₃-N och total-N. Under de tre sista åren mättes även PO₄-P och total-P. Analyser utfördes enligt EU-standarder vid Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala. För att beräkna utlakningen multiplicerades den analyserade koncentrationen på varje samlingsprov med alla dygnsavrinningar som skett sedan föregående provtagningstillfälle. Dygnstransporterna summerades sedan till månads- och årstransporter (agrohydrologiska år, 1/7-30/6). Summerad årstransport från varje försöksruta dividerades med summerad årsavrinning från respektive ruta för att få fram rutans årsmedelkoncentration.

I samband med avrinningens start hösten 2007 togs prover för analys av glyfosat i dräneringsvattnet från trädorna som behandlats under juli samma år. Vattenproven syrakonserverades vid detta tillfälle under provtagningen. Analys av glyfosat och dess nedbrytningsprodukt AMPA utfördes vid Institutionen för vatten och miljö vid SLU efter det att proven filtrerats. Detta betydde att analysen endast omfattade lösta ämnen och inte glyfosat bundet till partiklar.

Klippta grödprov

För bestämning av kväve i ovanjordiskt växtmaterial på hösten och våren provtogs växtmaterial på en yta om 0,75 m² fördelat på tre prov om vardera 0,25 m². Vid provtagning klipptes plantan ovan markytan så att allt ovanjordiskt växtmaterial kom med, men ingen jord. De höstsådda grödorna provtogs på senhösten (november) för att bedöma den kvävefångande förmågan under hösten, och tidigt på våren före första gödningen för bestämning av kväueupptaget under vintern. Fånggrödor provtogs i samband med skörd samt på senhösten. Analys av mängden kväve i växtmaterial utfördes enligt svenska standarder vid Institutionen för mark och miljö vid SLU i Uppsala.

Skörd, skörderester och kväuebortförsel med grödan

För raps och stråsäd bestämdes skörden genom tre tröskdrag. Skördad kärn- respektive frövik för varje tröskdrag noterades och ett kärnprov (1000 g) per tröskdrag uttogs för bestämning av mängden skördat kväve, fosfor och kalium. Även halmen provtogs vid skörd. Vad gällde skörd av sockerbetor skördades 3 x 10 m² för hand. Prov till vattenhalts-, renavikts- och sockerhaltsbestämning och till betmos för kemisk analys uttogs ur varje handskördad delyta. All halm och betblast (inklusive nackar) lämnades kvar på fältet efter skörd.

Mineralkväve i marken

Jordprover för bestämning av jordens innehåll av mineraliskt kväve (ammonium- och nitratkväve) togs 3-5 gånger om året; tidig vår, vid skörd, före stubbearbetning, vid höstsädens uppkomst (ej 2006 och 2007) och före höstplöjning. Proven togs på djupen 0-30 cm (matjord) och 30-60 cm (alv). I matjorden togs 24 och i alven 12 delprov per försöksruta. Delproven slogs samman till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna förvarades frysta och extraherades med 2M KCl för bestämning av ammonium- och nitratkväve. Analysvärdena omräknades till kilogram kväve per hektar under antagande att volymvikten var 1,25 g/cm³ i skiktet 0-20 cm och 1,50 g/cm³ därunder. Extrahering och analys jordprover utfördes vid Institutionen för mark och miljö vid SLU i Uppsala.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Skördar, växtrester och grödors tillväxt under hösten

Generellt om skördenivån kan sägas att den var god för höstvet och sockerbetor jämfört med vad som normalt uppnås i området. Skördarna av vårkorn låg ungefär i nivå med områdets normskördar medan höstrapskörden var sämre, tabell 5. Skördar av de olika grödorna, halter av kväve, fosfor och kalium, samt mängder som förts bort med skörd av dessa ämnen redovisas i tabell 6. Kväveinnehåll i halm, blast och andra skörderester redovisas i tabell 7. Höst- och fånggrödors uppmätta tillväxt och kväveinnehåll under hösten framgår av tabell 8. Här nedan följer kommentarer kring några av grödorna.

Höstraps efter träda

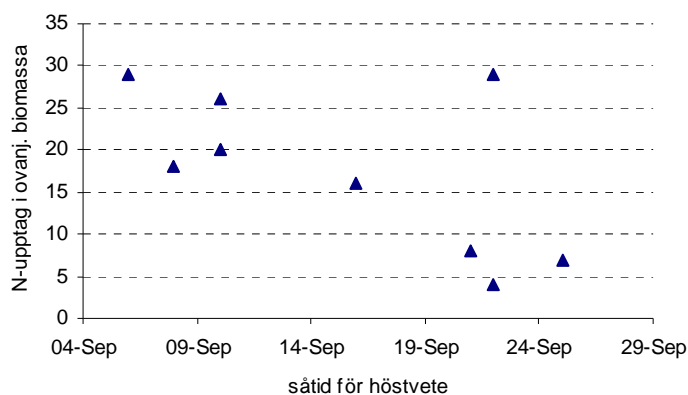
Stubb- respektive grönrädan bröts under mitten-slutet av juli genom Roundup-behandling. Efter ca två veckor stubbearbetades, plöjdes och harvades marken varefter höstraps såddes under första halvan av augusti. Höstrapsen tillfördes inget kväve utan förfruktseffekten av trädan förväntades försörja grödan med kväve i tillräcklig mängd under hösten. En viktig frågeställning var hur detta skulle fungera rent praktiskt och utlakningsmässigt. Höstrapsens tillväxt och kväveupptag under hösten varierade kraftigt både mellan åren och mellan de två leden. Raps efter stubbträda innehöll mellan 13 och 53 kg N i ovanjordiska växtdelar sent på hösten, medan raps efter grönräda nådde ett max-upptag på 39 kg N/ha.

Utifrån mätningarna av mineralkväve på senhösten framstår det klart att tillgången till kväve var begränsad för rapsen efter grönrädan. Höstraps har odlats under tidigare försöksperioder och den har då gödslats på hösten med 30-40 kg N/ha. Under närmast föregående försöksperiod, 1998-2002, var medelupptaget av kväve i rapsen under hösten 54 kg N/ha. Odlingen av höstraps i detta försök har sällan varit så lyckosam, vilket kan bero på annat än tillväxten under hösten. Avkastningen under 2003-2006 var i medeltal 2550 respektive 2400 kg/ha i led A efter stubbträda och led F efter grönräda. Det ligger klart under normskörden för det aktuella skördeområdet (tabell 5). Även under den tidigare försöksperioden var skörden lägre än normskörden; 2600 kg/ha jämfört med 3200 kg/ha. Det har alltså inte skett någon dramatisk försämring under denna period när höstgödsling inte tillämpades. På våren var emellertid rapsbeståndet under ett par av åren något glesare i led F (marktäckning 75-80% jämfört med 90-95% i led A) vilket kan tyda på en sämre övervintring till följd av svagare plantor i detta led. Hösten 2006 misslyckade etableringen av rapsen i led A av andra skäl och på våren såddes vårraps på bägge rutorna.

Höstvet och vårkorn

Höstvet är en gröda som alltid fungerat mycket bra i detta försök. Skördarna var betydligt högre än normskördarna för området. De var 8% högre i led B jämfört med led G som hade en insädd rajgräsfånggröda varje år. Åtminstone en del av denna skördeskillnad kan bero på fånggrödan, men fånggrödans tillväxt var väldigt begränsad i vetet som ofta var mycket kraftigt. Också i kornet var skörden något lägre i ledet med fånggröda (i medeltal 6%). Här är det mer troligt att fånggrödan fick chans att konkurrera med huvudgrödan i större utsträckning än i vetet. Kväveupptaget i höstvetet under hösten då det såddes var anmärkningsvärt stort och beståndet betecknades ofta som tätt. Sådden skedde som senast 22 september och medelinnehållet av kväve i ovanjordiska växtdelar var 26 kg N/ha. Det kan jämföras med medeltalet på 19-11 kg N/ha som uppmättes under föregående

försöksperiod (Aronsson & Torstensson 2003). Då skedde ofta sådden något senare. Figur 2 visar tidpunkten för sådd av höstvet i förhållande till mätt kväveinnehåll på senhösten i försöket sedan 1999. Att såtidpunkten har en stor betydelse för kväveupptaget under hösten har tidigare visats av bl a. Lindén et al. (2000). Höstvetet hade en god tillgång på kväve efter rapsgrödan och trots den goda tillväxten fanns stora mängder mineralkväve kvar i marken på senhösten jämfört med i övriga led.



Figur 2. Samlade uppgifter från försöksfältet (1999-2007) om kväveinnehåll i höstvet på senhösten i förhållande till tidpunkt för sådd.

Tabell 5. Normskördar (kg/ha) under perioden 2003-2007 för skördeområdet 1214 (SCB statistik), angivet som intervall

	Höstraps	Höstvet	Sockerbetor	Vårkorn
Normskörd 2003-2007	2910-3290	8170-8230	41500-50600	6290-6500

Insådda fånggrödor

Insådd av fånggröda fungerade bra, både i kornet och i vetet under alla år utom 2006 i vetet, då fånggrödan blev mycket svag. Att döma av fånggrödans tillväxt under hösten var den något kraftigare efter korn än efter vete. I medeltal innehöll fånggrödan 21 kg N/ha i ovanjordisk biomassa i led I vid provtagning på senhösten och 17 kg N/ha i led G (2006 ej medräknat).

Trädor

Efter skörd av kornet i led D respektive led I (med fånggröda) övergick marken i stubbträda respektive grönträda. I båda rutorna var marken grön under hösten. I led I bestod vegetationen huvudsakligen av den insådda fånggrödan, medan tillväxten av örtogräs (våtarv, baldersbrå m.m.) var riklig i led D där marken övergick i stubbträda. Där var i själva verket tillväxten nästan lika stor som hos fånggrödan vissa år. Kvävehalten var desstom relativt hög vilket resulterade i att det totala kväveupptaget i ovanjordiskt material i medeltal var nästan lika stort som hos fånggrödan (19 kg N/ha i led D jämfört med 21 kg N/ha i led I). Sannolikt frigjordes kväve från växtmaterialet snabbare från ogräset i stubbträdan vilket kan ha varit orsaken till att utlakningen var större i led I än i led D, se nedan. Trädorna putsades vid ett tillfälle under juli och bröts sen på kemisk väg i juli. Kvävehalterna i växtmaterialet på grönträdan var låga, 0,6-1 % N (tabell 9). Växtmaterialet i stubbträdan hade kvävehalter på 1-1,3%. Större tillväxt uppmättes varje år hos grönträdan, men det totala kväveupptaget var större hos stubbträdan. Före kemisk avdödning innehöll stubbträdan mellan 30 och 60 kg N/ha medan grönträdan aldrig innehöll mer än 40 kg N/ha i ovanjordiskt material. Det var svårt att tolka resultaten kring växtmaterialets förändring efter avdödning vilket troligen berodde på att det också innehöll en del spätt ogräs.

Tabell 6. Bortförda skörda: kärna av stråsäd (kg/ha vid 15 % vattenhalt), frö av höstraps (8% vattenhalt) och färskvikt (ton/ha) av betor. Halter av kväve, fosfor och kalium i skördeprodukterna samt mängder bortfört med skördeprodukterna

Led	A			B			C			D			F			G			H			I		
Gröda	Höstraps			Höstvete			Sockerbetor			Vårkorn			Höstraps			Höstvete			Sockerbetor			Vårkorn		
Fånggröda													Eng.rajgr						Eng. rajgr					
Växtföljd	Växtföljd med stubbträda												Växtföljd med grönträda											
2003	2557			10074			76			6869			1772			8962			63			6747		
2004	3155			10961			74			5182			2677			9132			57			4801		
2005	2891			9978			64			6957			2940			9485			61			6232		
2006	1610			8117			62			5176			2212			8396			64			4990		
2007	1785			10702			78			6509			1613			9674			77			5987		
Medel	2553			9966			71			6139			2400			9130			64			5751		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
	%																							
2003	3,17	0,62	0,73	1,90	0,33	0,47	0,53	0,11	0,48	1,38	0,35	0,50	4,37	1,01	0,99	1,81	0,32	0,47	0,44	0,10	0,43	1,41	0,33	0,48
2004	3,04	0,64	0,81	1,82	0,34	0,47				1,65	0,37	0,62	3,15	0,63	0,78	1,81	0,33	0,48				1,57	0,36	0,61
2005	3,07	0,59	0,82	1,94	0,32	0,39				1,40	0,34	0,44	3,03	0,61	0,82	1,83	0,31	0,39				1,35	0,36	0,47
2006	3,07	0,82	1,07	2,15	0,36	0,49				2,09	0,33	0,46	3,03	0,73	1,05	2,12	0,35	0,48				2,28	0,35	0,47
2007	3,71	0,82	1,07	2,15	0,36	0,49				2,09	0,33	0,46	3,69	0,73	1,05	2,12	0,35	0,48				2,28	0,35	0,47
Medel	3,21	0,70	0,90	1,99	0,34	0,46	0,53	0,11	0,48	1,72	0,34	0,50	3,45	0,74	0,94	1,94	0,33	0,46	0,44	0,10	0,43	1,77	0,35	0,50
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
	kg/ha																							
2003	74	15	17	163	28	40	102	20	92	81	20	29	71	17	16	138	24	36	69	15	67	81	19	28
2004	88	19	24	170	32	44				73	16	27	78	16	19	140	26	37				64	15	25
2005	82	16	22	165	27	33				83	20	26	82	16	22	148	25	31				71	19	25
2006	46	12	16	148	25	33				92	15	20	62	15	21	151	25	34				97	15	20
2007	61	13	18	196	33	44				116	18	26	55	11	16	174	29	39				116	18	24
Medel	70	15	19	168	29	39	102	20	92	89	18	26	69	15	19	150	26	35	69	15	67	86	17	24

Tabell 7. Mängd torrsubstans (kg/ha) och innehåll av kväve i halm, betblast och stubb (inkl. ogräs och fånggrödo) i samband med skörd

Led	A	B	C	D	F	G	H	I
	Höstraps	Höstvete	Socketbetor	Vårkorn	Höstraps	Höstvete	Socketbetor	Vårkorn
Skörderester 2003								
<i>Halm och betblast vid skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	4267	4456	5828	2820	4716	4028	4798	2857
Kvävehalt, %	0,65	0,54	1,62	0,38	0,80	0,49	1,34	0,41
Mängd kväve, kg/ha	29	24	94	12	36	19	64	12
<i>Stubb, ogräs och fånggröda efter skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	2059	2120		571	1678	1823		1232
Kvävehalt, %	0,88	0,44		2,07	1,12	0,46		0,56
Mängd kväve, kg/ha	18	9		12	19	8		7
Skörderester 2004								
<i>Halm och betblast vid skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	4228	6908	3395	2102	2867	2895	2567	1862
Kvävehalt, %	0,66	0,66	2,44	0,66	0,70	0,60	1,89	0,86
Mängd kväve, kg/ha	28	46	83	14	20	17	49	16
<i>Stubb, ogräs och fånggröda efter skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	1174	2524		1235	1141	2666		1614
Kvävehalt, %	1,06	0,57		0,65	0,87	0,62		1,05
Mängd kväve, kg/ha	13	15		8	10	17		17
Skörderester 2005								
<i>Halm och betblast vid skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	3280	2896	3876	2244	2861	2622	3678	2152
Kvävehalt, %	0,58	0,41	2,33	0,38	0,53	0,34	2,23	0,35
Mängd kväve, kg/ha	19	12	90	9	15	9	82	8
<i>Stubb, ogräs och fånggröda efter skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	967	1496		1106	820	1404		1189
Kvävehalt, %	0,72	0,51		0,37	0,52	0,47		0,81
Mängd kväve, kg/ha	7	8		4	4	7		9
Skörderester 2006								
<i>Halm och betblast vid skörd</i>								
Växtmaterial	halm							
Mängd ts, kg/ha	3007	4446	4600	2443	2788	4555	4371	2259
Kvävehalt, %	0,48	0,36	2,00	0,55	0,48	0,40	2,00	0,55
Mängd kväve, kg/ha	15	16	92	13	13	18	87	13
Skörderester 2007								
<i>Halm och betblast vid skörd</i>								
Mängd ts, kg/ha	2809	3687	2425	2737	2495	2529	2020	2355
Kvävehalt, %	0,60	0,71	2,09	0,57	0,60	0,60	2,13	0,53
Mängd kväve, kg/ha	17	26	50	16	15	15	43	12

Tabell 8. Mängd torrsubstans (kg/ha), kvävehalter (% av ts) och mängd kväve (kg/ha) i höstväxande grödor vid provtagning på senhösten och på våren

Led	A	D	E	F	G	I	J
Gröda	Höstraps	Vårkorn	Stubbträda	Höstraps	Höstvete	Vårkorn	Grönträda
Höstväxande gröda	Höstvete	stubbträda	höstraps	Höstvete	Fånggröda	Fånggröda	Höstraps
Växande på senhösten							
2003	2003-11-13	2003-11-13	2003-11-13	2003-11-13	2003-11-13	2003-11-13	2003-11-13
Mängd ts, kg/ha	701	1027	1492	660	782	1119	1128
Kvävehalt, %	4,13	0,43	3,50	4,19	1,64	1,39	3,20
Mängd kväve, kg/ha	29	4	53	28	13	16	36
<i>Höstgrödor</i>							
<i>efterföljande vår</i>	2004-03-24		2004-03-24	2004-03-24			2004-03-24
tidpunkt							
Mängd ts, kg/ha	1118		933	946			940
Kvävehalt, %	3,99		4,54	4,18			4,16
Mängd kväve, kg/ha	45		42	40			39
Växande på senhösten							
2004	2004-11-23	2004-11-23	2004-11-23	2004-11-23	2004-11-23	2004-11-23	2004-11-23
Mängd ts, kg/ha	389	715	1132	455	845	1493	852
Kvävehalt, %	5,11	3,12	3,40	5,26	2,65	1,79	2,94
Mängd kväve, kg/ha	20	24	38	24	24	29	25
<i>Höstgrödor</i>							
<i>efterföljande vår</i>	2005-04-06			2005-04-06			
Mängd ts, kg/ha	523			593			
Kvävehalt, %	4,62			4,40			
Mängd kväve, kg/ha	24			26			
Växande på senhösten							
2005	2005-11-14	2005-11-14	2005-11-14	2005-11-14	2005-11-14	2005-11-14	2005-11-14
Mängd ts, kg/ha	494	709	1010	556	837	1093	492
Kvävehalt, %	5,24	3,90	3,46	5,12	2,27	1,62	3,50
Mängd kväve, kg/ha	26	28	35	28	19	18	17
<i>Höstgrödor efterföljande vår</i>							
Mängd ts, kg/ha	558		654	622			350
Kvävehalt, %	4,88		4,44	4,67			4,63
Mängd kväve, kg/ha	27		29	29			16
Växande på senhösten 2006							
Mängd ts, kg/ha		818	341		254	564	513
Kvävehalt, %		2,35	1,68		1,95	4,57	3,54
Mängd kväve, kg/ha		19	6		5	26	18
<i>Höstgrödor efterföljande vår</i>							
Mängd ts, kg/ha	605		301	497			334
Kvävehalt, %	4,87		4,41	4,74			4,31
Mängd kväve, kg/ha	29		13	24			14
Växande på senhösten 2007							
Mängd ts, kg/ha			564		254	341	513
Kvävehalt, %			4,57		5,13	4,95	3,54
Mängd kväve, kg/ha			26		13	17	18

Tabell 9. Trädornas innehåll av ovanjordiskt växtmaterial (kg/ha) och dess kvävehalt (% av ts) och kväveinnehåll(kg/ha) i samband med putsning och kemisk avdödning

	E			J		
	Stubbträda		Mängd kväve kg/ha	Grönträda		Mängd kväve kg/ha
	Mängd ts kg/ha	Kvävehalt % av ts		Mängd ts kg/ha	Kvävehalt % av ts	
2003						
Efter kem. beh. 28 juli	2682	1,02	27	2760	0,83	23
2004						
Avputsat material, 6 juni	1517	1,21	18	2575	0,97	25
Före kem. beh. 22 juli	1739	1,69	30	1240	1,14	15
2005						
Avputsat material 28 juni	2631	1,01	26	4465	0,61	27
Före kem. beh. 28 juli	4068	1,00	39	5327	0,67	36
Avdödad träda, 9 aug	2654	0,77	20	2519	0,70	18
2006						
Före kem. behandling i juli	2979	1,27	36	3297	0,68	22
Avdödad träda, ca 10 aug	27	0,96	0	486	0,51	2
2007						
Före kem. beh. 10 juli	4916	1,30	62	5322	0,57	30
Avdödad träda, ca 10 aug	27	3,59	1	486	2,63	13

Mineralkvävedynamiken i marken

De största mängderna mineralkväve i marken uppmättes under hösten efter skörd av höstraps, figur 3 och tabell 10. Redan vid skörd hade det börjat ansamlas kväve i marken, i medeltal 41 kg N/ha. En rapsgröda lämnar ifrån sig en del kväve genom bladfällning under mognaden, vilket gärna leder till viss ansamling av kväve i marken. I detta fall fanns det troligen också en hel del outnyttjat gödselkväve kvar efter skörden. Rapsen tillfördes 130 kg N/ha, men med de låga skördar som erhöles skedde enligt Jordbruksverkets riktlinjer för gödsling och kalkning (2009) en överdosering på 35 kg N/ha. I november månad hade kvävemängderna i marken minskat, vilket troligen delvis var höstvetets förtjänst. Höstvetegrödan växte mycket bra.

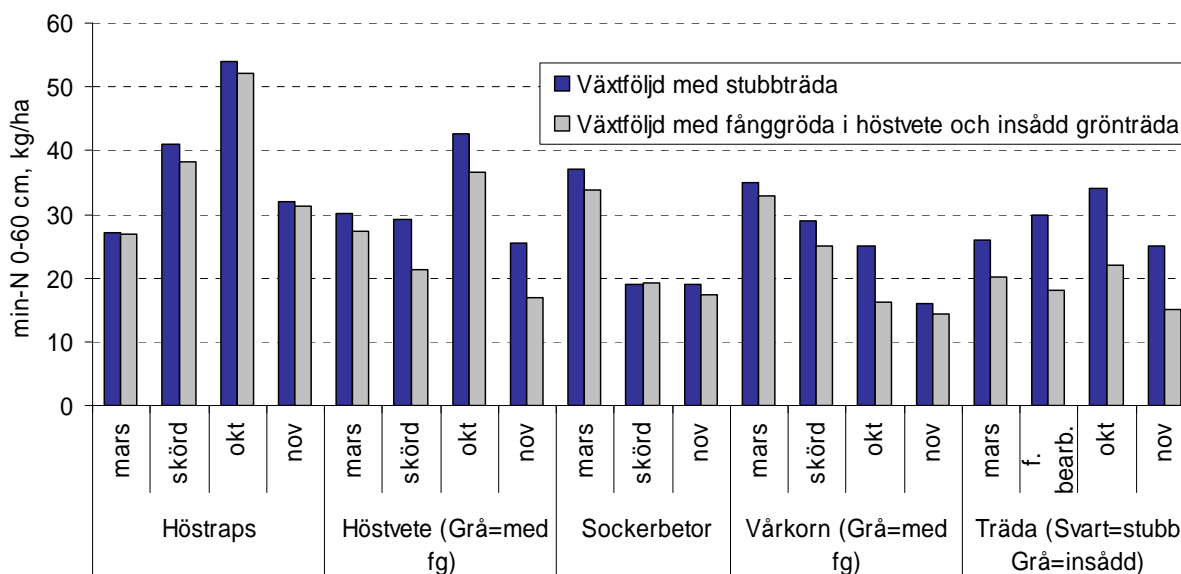
Socketbetor var den gröda som effektivast tömde marken på kväve. I samband med skörd fanns i medeltal 19 kg N/ha ned till 60 cm djup. Betorna har en lång tillväxtperiod och gav mycket god skörd i försöket.

De insådda fånggrödorna tömde effektivt marken på kväve under hösten. I november fanns i led G i medeltal 17 kg N/ha ned till 60 cm djup. I motsvarande led G dör marken bearbetats efter skörd av höstvet fanns vid samma tidpunkt 25 kg N/ha. I led I med fånggröda efter korn var på motsvarande vis mängden mineralkväve 14 kg N/ha. I motsvarande led utan fånggröda (E) lämnades marken orörd för att övergå i stubbträda och där var mängden mineralkväve nästan lika liten, i medeltal 16 kg N/ha.

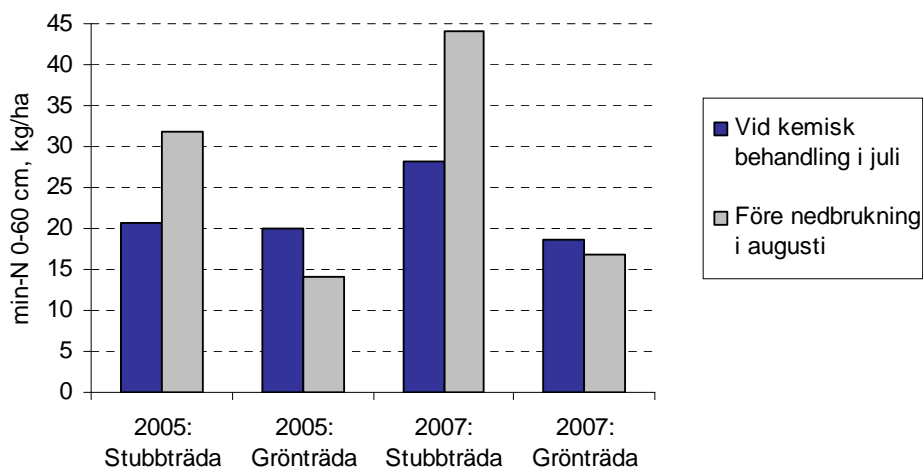
I led G nedbrukades fånggrödan sent på hösten. Efterföljande vår fanns gott om kväve i profilen, 34 kg N/ha. I led I däremot låg nivån fortfarande på en låg, nivå, 20 kg N/ha. Det var något lägre än i stubbträdan (led E) där troligen en del ogräs dött under vintern. I stubbträdan var mängden mineralkväve på våren 26 kg N/ha.

Brytningen av trädorna gav olika utslag på mängden mineralkväve i marken. Efter brytning av trädorna såddes höstraps, som bidrog till att tömma marken på kväve. Rapsen växte betydligt bättre efter brytning

av stubbträdan än efter gröntträdan, och när man betraktar mineralkvävemängderna framgår det tydligt att rapsen ändå växte så långt förutsättningarna medgav efter gröntträdan. I november återstod i medeltal endast 15 kg N/ha. Efter stubbträdan däremot innehöll marken i medeltal 25 kg N/ha på senhösten. Det skulle kunna tyda på att rapsens kvävebehov var väl tillgodosett eftersom den inte tömde marken effektivare. Gröntträdans kvävehalter var låga och redan före nedbrukning skedde troligen en temporär fastläggning av kväve som lösgjordes från växtmaterialet i marken. Det framgick tydligt av mineralkvävemätningarna under två av de senare åren där provtagning gjordes dels i anslutning kemisk brytning och dels strax före stubbearbetning ett par veckor senare, figur 4. I ledet med stubbträda ökade snabbt mängden mineralkväve i marken medan mängden minskade i gröntträdan.



Figur 3. Mängden mineralkväve(kg/ha) inom 0-60 cm djup vid olika tillfällen under året. Detaljerad information om innehåll av nitrat respektive ammoniuminnehåll i olika skikt framgår av tabell 10.



Figur 4. Mineralkväve i marken strax före kemisk brytning av träda i juli respektive strax för nedbrukning ett par veckor senare.

Tabell 10. Mängd mineralkväve (kg/ha) i marken (0-30 och 30-60 cm djup) vid olika tidpunkter

			NH ₄ -N		NO ₃ -N		NH ₄ -N		NO ₃ -N		S:a				NH ₄ -N		NO ₃ -N		NH ₄ -N		NO ₃ -N		S:a	
			0-30	0-30	30-60	30-60			0-30	0-30	30-60	30-60			0-30	0-30	30-60	30-60			0-30	0-30	30-60	30-60
2003-03-31	5	A	11	18	2	10	42	1	F	9	18	2	7	36										
2003-08-04	5	A	11	18	4	18	51	1	F	8	19	3	9	39										
2003-09-09	5	A	11	19	3	10	42	1	F	11	30	3	9	52										
2003-10-02	5	A	11	12	2	11	35	1	F	8	11	1	7	26										
2003-11-04	5	A	8	7	2	6	22	1	F	8	6	2	8	24										
2004-03-24	8	A	11	5	2	6	24	4	F	11	3	2	3	18										
2004-08-09	8	A	9	23	2	9	42	4	F	9	17	2	7	35										
2004-09-10	8	A	11	32	2	16	62	4	F	9	28	3	17	57										
2004-10-04	8	A	8	31	1	26	66	4	F	7	34	2	23	65										
2004-11-17	8	A	11	17	2	18	48	4	F	13	16	2	19	51										
2005-04-04	10	A	12	13	2	3	29	9	F	17	24	2	5	48										
2005-08-04	10	A	10	7	2	13	31	9	F	11	6	3	12	32										
2005-09-16	10	A	8	22	2	18	50	9	F	10	21	2	10	43										
2005-10-04	10	A	8	33	2	19	62	9	F	8	35	3	19	65										
2005-11-11	10	A	9	7	2	8	26	9	F	6	10	2	8	26										
2006-04-06	7	A	11	12	2	12	37	3	F	9	6	2	7	25										
2006-08-01	7	A	8	10	9	22	49	3	F	11	17	6	18	53										
2006-11-10	7	A	12	11	2	5	29	3	F	9	8	2	8	27										
2007-03-20	6	A	7	2	2	4	15	2	F	9	2	2	4	16										
2007-09-13	6	A	11	16	2	5	33	2	F	11	14	2	6	33										
2007-11-15	6	A	7	10	1	14	32	2	F	9	7	2	12	29										
2008-03-19	6	A	8	4	2	4	17	2	F	9	4	2	2	17										
2003-03-31	6	B	11	13	2	16	42	2	G	9	10	2	11	31										
2003-08-04	6	B	9	18	2	3	32	2	G	9	4	2	1	16										
2003-10-02	6	B	10	5	1	11	27	2	G	8	0	1	4	14										
2003-11-04	6	B	8	4	1	7	20	2	G	6	1	1	2	10										
2004-03-24	5	B	11	5	2	3	21	1	G	11	6	3	3	23										
2004-08-19	5	B	9	6	2	4	21	1	G	8	4	1	3	17										
2004-10-04	5	B	8	12	2	30	52	1	G	8	5	2	60	75										
2004-11-17	5	B	11	10	2	12	34	1	G	10	5	2	4	21										
2005-04-04	8	B	8	9	1	12	30	4	G	8	6	2	7	23										
2005-08-22	8	B	9	19	2	6	37	4	G	7	13	2	4	26										
2005-10-04	8	B	9	22	2	16	49	4	G	8	7	2	4	21										
2005-11-11	8	B	13	13	2	8	36	4	G	8	2	2	1	12										
2006-04-06	10	B	10	11	2	8	32	9	G	12	14	4	7	36										
2006-08-01	10	B	19	40				9	G	20	43													
2006-11-10	10	B	10	6	2	7	24	9	G	10	6	3	8	28										
2007-03-20	7	B	10	5	1	4	21	3	G	11	3	2	4	20										
2007-08-15	7	B	12	11	2	2	27	3	G	10	12	3	2	26										
2007-11-15	7	B	11	0	1	0	13	3	G	11	0	2	1	13										
2008-03-19	7	B	10	12	2	9	34	3	G	10	13	2	7	31										

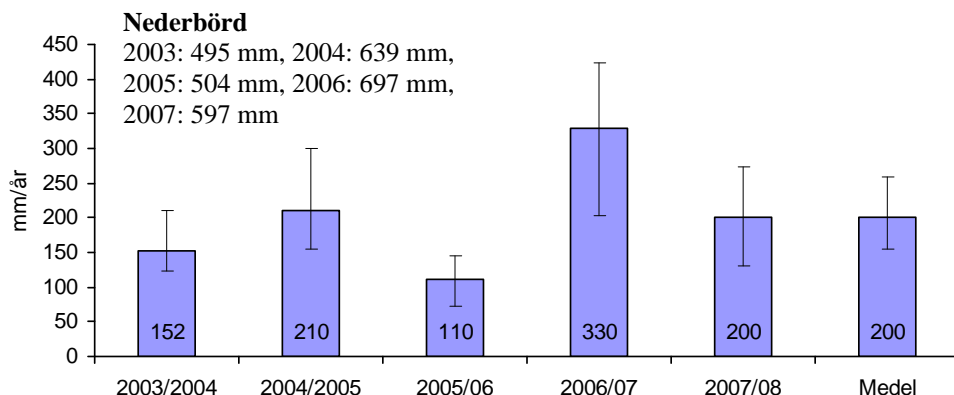
Fortsättning tabell 10.

			NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S:a				NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	S:a
			0-30	0-30	30-60	30-60					0-30	0-30	30-60	30-60	
2003-03-31	7	C	11	23	2	19	54	3	H	15	25	3	7	50	
2003-10-02	7	C	8	7	2	2	18	3	H	7	4	2	2	16	
2003-11-04	7	C	7	12	2	3	23	3	H	7	10	2	3	21	
2004-03-24	6	C	8	9	2	11	29	2	H	8	6	2	8	25	
2004-11-02	6	C	8	5	2	2	16	2	H	8	3	3	2	15	
2004-11-17	6	C	8	7	1	2	18	2	H	7	5	2	2	15	
2005-04-04	5	C	9	15	2	12	38	1	H	8	12	2	8	30	
2005-10-04	5	C	9	12	3	4	27	1	H	9	15	4	5	33	
2005-11-11	5	C	9	7	2	3	20	1	H	8	6	2	4	20	
2006-04-06	8	C	11	14	2	18	45	4	H	8	12	2	13	36	
2006-10-25	8	C	10	4	2	2	17	4	H	9	3	2	3	16	
2006-11-10	8	C	11	5	2	4	21	4	H	10	4	2	4	19	
2007-03-20	10	C	9	8	2	8	28	9	H	9	10	3	12	33	
2007-11-02	10	C	9	3	2	1	15	9	H	9	3	2	2	16	
2007-11-15	10	C	8	2	2	2	15	9	H	5	2	2	2	12	
2008-03-19	10	C	7	10	2	9	27	9	H	8	11	2	10	31	
2003-03-31	10	D	8	26	2	14	50	9	I	9	23	2	13	48	
2003-08-04	10	D	7	9	4	5	25	9	I	8	6	4	4	22	
2003-10-02	10	D	7	1	2	4	14	9	I	7	0	2	1	10	
2003-11-04	10	D	6	3	2	5	16	9	I	6	6	2	1	15	
2004-03-24	7	D	9	6	1	15	31	3	I	10	5	3	13	31	
2004-08-19	7	D	8	7	2	6	21	3	I	8	3	2	2	14	
2004-10-04	7	D	8	8	1	21	37	3	I	7	1	1	16	26	
2004-11-17	7	D	10	4	2	4	20	3	I	9	1	2	0	12	
2005-04-04	6	D	6	13	1	10	31	2	I	6	13	2	11	31	
2005-08-10	6	D	11	10	2	5	27								
2005-10-04	6	D	8	9	1	6	25	2	I	6	3	2	2	12	
2005-11-11	6	D	7	3	2	3	15	2	I	7	1	2	1	10	
2006-04-06	5	D	10	14	3	15	42	1	I	12	16	3	12	43	
2006-08-08	5	D	12	8	3	23	46	1	I	9	6	4	22	42	
2006-11-10	5	D	9	4	3	2	17	1	I	10	9	2	4	24	
2007-03-20	8	D	8	12	2	12	34	4	I	8	9	3	10	30	
2007-08-15	8	D	10	12	2	2	25	4	I	9	7	5	2	22	
2007-11-15	8	D	9	1	2	1	13	4	I	9	0	1	0	10	
2008-03-19	8	D	11	6	2	4	22	4	I	10	1	2	1	13	
2003-03-31	8	E	14	6	2	4	26	4	J	13	2	2	1	18	
2003-07-08								4	J	19	3	2	1	24	
2003-08-04	8	E	10	21	5	8	45	4	J	11	6	4	3	24	
2003-10-02	8	E	9	7	3	10	29	4	J	7	3	2	4	16	
2003-11-04	8	E	19	9	2	3	33	4	J	7	2	2	2	13	
2004-03-24	10	E	8	4	2	8	22	9	J	12	1	2	0	14	
2004-08-05	10	E	8	6	2	1	17	9	J	10	4	3	1	16	
2004-10-04	10	E	8	5	1	9	23	9	J	7	2	2	6	17	
2004-11-17	10	E	8	1	2	0	11	9	J	8	1	3	0	12	
2005-04-04	7	E	8	12	2	10	31	3	J	10	4				
2005-07-28	7	E	10	6	3	2	21	3	J	13	1	4	2	20	
2005-08-10	7	E	11	12	3	6	32	3	J	9	2	2	1	14	
2005-10-04	7	E	6	27	2	5	40	3	J	7	21	2	7	37	
2005-11-11	7	E	12	2	1	2	18	3	J	8	2	2	1	12	
2006-04-06	6	E	9	9	2	11	30	2	J	11	6	2	1	20	
2006-06-12	6	E	1	1				2	J	17	26	1	1	45	
2006-11-10	6	E	7	9	2	24	42	2	J	9	4	2	8	22	
2007-03-20	5	E	9	9	2	12	33	1	J	13	3	5	13	34	
2007-07-09	5	E	12	9	2	5	28	1	J	11	3	2	2	19	
2007-08-15	5	E	9	24	2	9	44	1	J	10	4	2	1	17	
2007-11-15	5	E	8	2	3	8	21	1	J	11	1	3	2	16	
2008-03-19	5	E	10	2	2	1	15	1	J	10	2	2	1	15	

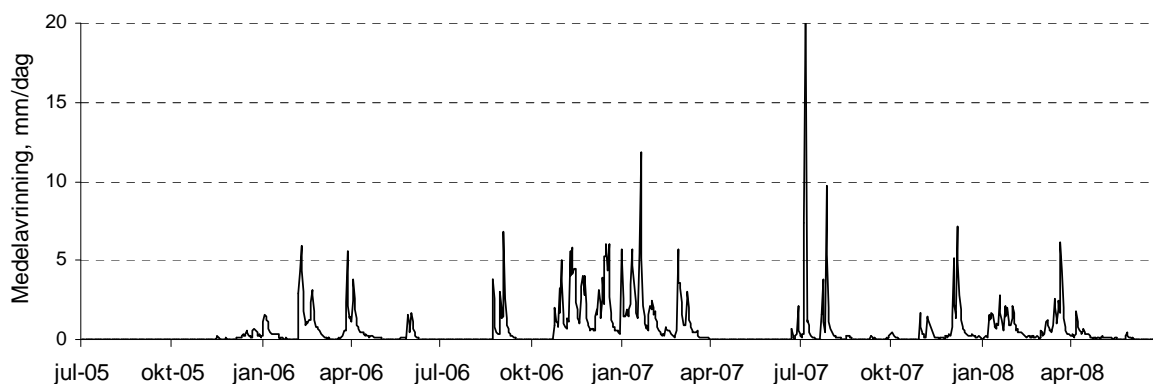
Avrinning och utlakning av näringsämnen och glyfosat

Avrinning och nederbörd

Avrinningsförhållandena varierade mellan åren figur 5. Det fanns en viss variation mellan rutorna, men de var inte konsekventa utan varierade mellan åren (tabell 11). Särskilt året 2006/2007 uppvisade kraftig avrinning. 2007 var ett speciellt år på det viset att avrinningen var kraftig under sommaren till följd av riklig nederbörd, figur 6. Året 2005/2006 var däremot betydligt torrare. Avrinningen var i medeltal 200 mm.



Figur 5. Medelavrinning för s.k. agrohydrologiska år (1 juli-31 juni) med max- och minvärden inlagda för de olika försöksåren.



Figur 6. Dygsmedelavrinning under perioden 1 juli 2005-31 juni 2008.

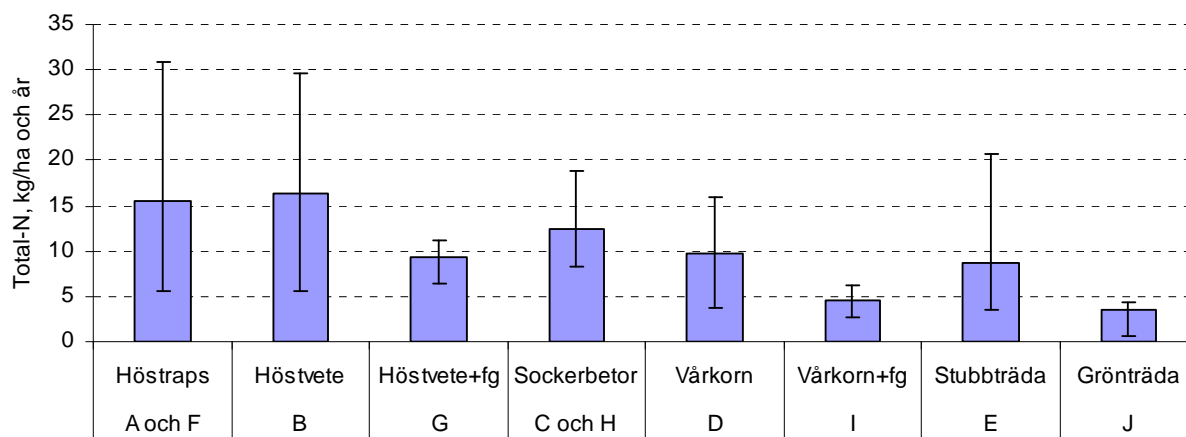
Fosforutlakning

Mätningarna av fosforutlakning under 2005-2007 visade på låga värden. Endast under det avrinningsrika året 2006/2007 steg utlakningen över 0,1 kg total-P/ha i vissa av rutorna (tabell 11). Andelen av fosfor som förelåg i form av fosfatfosfor varierade mellan 40 och 80%. Fosforutlakningen varierade mellan rutorna men visade inte på några konsekventa skillnader mellan leden. De odlingsåtgärder som tillämpades i försöket hade ingen synlig inverkan på fosforförlusterna från denna jord som verkar binda fosfor effektivt. En tanke fundering fanns annars att en tex en trädgård med lättomsättbar växtnäring skulle kunna resultera i effekter på fosforläckaget genom att en pol av löst fosfor snabbt kan uppträda i marken efter avdödning av ett frodigt växtmaterial. Tillväxten hos trädorna var dock måttlig och några större mängder lättlöslig fosfor ansamlades troligen inte i de ytliga markskikten. Det kan dock noteras att när kvävehalterna i dräneringsvattnet från trädorna trädorna gick ned, samtidigt som fosforhalten var relativt konstant så påverkade det mängdförhållandet mellan kväve och fosfor i dräneringsvattnet. Nivåerna hos

fosforläckaget var ganska lika de som uppmäts på jord i Västergötland, men något lägre än läckaget från jord i Halland (Aronsson & Torstensson, 2003).

Kväveutlakning

När det gällde kvävekoncentrationer och kväveutlakning var variationen betydande både mellan rutor och mellan led. Särskilt ett par av rutorna, 5 och 6 uppvisade generellt större utlakning än övriga rutor. Skillnaderna kunde inte konsekvent relateras till stor avrinning, eller odlingshistorien. Halterna i dräneringsvattnet var ofta högre i dessa rutor och verkade höra samman med rutegenskaper på något sätt (liknande tendenser har även funnits tidigare). Under det avrinningsrika året 2006/2007 var avvikelsen från övriga rutor mycket stor, då läckaget från ruta 5 var nästan 70 kg/ha. I figur 7 presenteras utlakning kopplad till de olika grödorna i försöket där detta år utesluts från medelvärdesberäkningarna för att om möjligt ge de olika odlingsåtgärdernas inverkan på utlakningen en rättvisare bild.



Figur 7. Medelutlakning av totalkväve kopplad till de olika grödorna. För höstraps presenteras ett medelvärde av de båda leden A och F och för sockerbetor av de båda leden C och H. Året 2006/2007 ingår inte i medelvärdet i figuren. I staplarna visas uppmätta max- respektive min-värden.

Utlakningsmätningarna visar på vikten av att hålla marken beväxten för att dämpa utlakningen.

Korn med insädd fånggröda som fick ligga kvar över vintern för att övergå i grönträda gav upphov till mycket liten utlakning. Även då det avrinningsrika året 2005/2006 tas med i medelvärdesberäkningen låg utlakningen under 10 kg N/ha och år (tabell 11). Detsamma gällde efter grönträdan när en höstrapsgröda effektivt tömde marken på kväve. Kvävetillgången var möjligtvis för liten för att höstrapsen skulle utvecklas riktigt bra (se tidigare kapitel). Den gödslades nämligen inte alls på hösten. Efter stubbträdan var kvävedynamiken i marken helt annorlunda, troligen på grund av växtmaterialens sammansättning. Höstrapsen fick god tillgång till kväve och lyckades inte tömma marken lika effektivt som efter grönträdan, vilket resulterade i större utlakning efter stubbträdan än efter grönträdan. Höstrapsen efterlämnade en hel del kväve i marken enligt mätningarna av mineralkväve. Utlakningen blev också betydande vissa år, men i medeltal inte större än efter höstvetegrödan utan fånggröda. Höstvetet som såddes efter rapsen fungerade uppenbarligen ganska effektivt som vintergrön mark. Detta är något som definitivt avviker från tidigare försöksperiod, där höstvet endast haft marginell betydelse som vintergrön mark. Höstvetegrödan växte också kraftigt. Uptaget av kväve i vetet var också minst dubbelt så stort jämfört med vad som uppmäts tidigare i försöket.

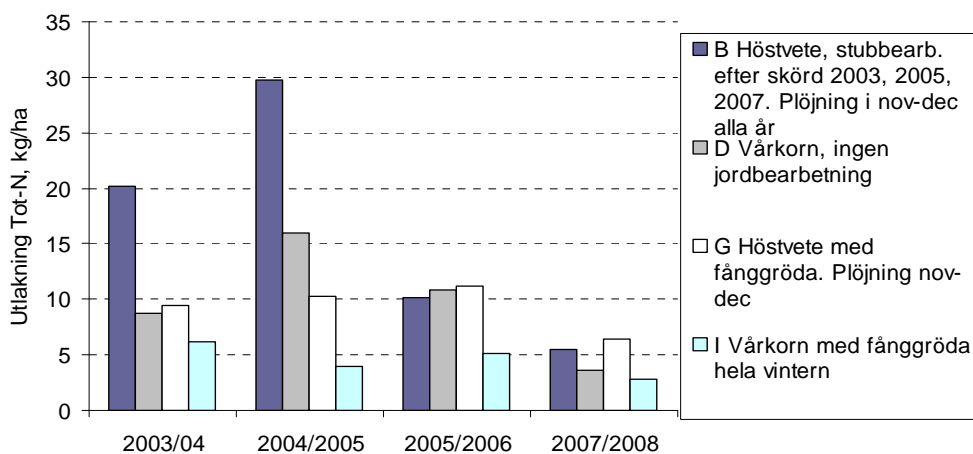
En jämförelse kan göras mellan led I där fånggrödan fick växa kvar under vintern, led G där fånggrödan bröts i november-december och led B där jordbearbetning skedde tidigt på hösten flera år. Av figur 8 framgår att en fånggröda som fått växa hela vintern konsekvent resulterade i minst utlakning (led I). Höstvet med fånggröda som plöjdes på hösten var inte lika effektivt (led G). Studier vid Mellby i Halland och Fotegården i Västergötland inom samma projekt visar också att fånggrödan fungerar som bäst vid vårplöjning, men sett över många år, så är skillnaderna inte så stora ändå som i detta försök (Aronsson &

Torstensson, 2003). Höstvetete utan någon fånggröda alls (led B) gav upphov till varierande resultat. Två av åren var skillnaden jämfört med höstvetete med fånggröda mycket liten, men desto större de två andra som visas i figuren. Tyvärr bestämdes inte mängden ogräs i detta led vilket sannolikt bidrog till en fånggrödeliknande vegetation. Under 2003 och 2005 stubbearbetades marken i augusti, medan första bearbetningen efter skörd gjordes senare under 2004 och 2007.

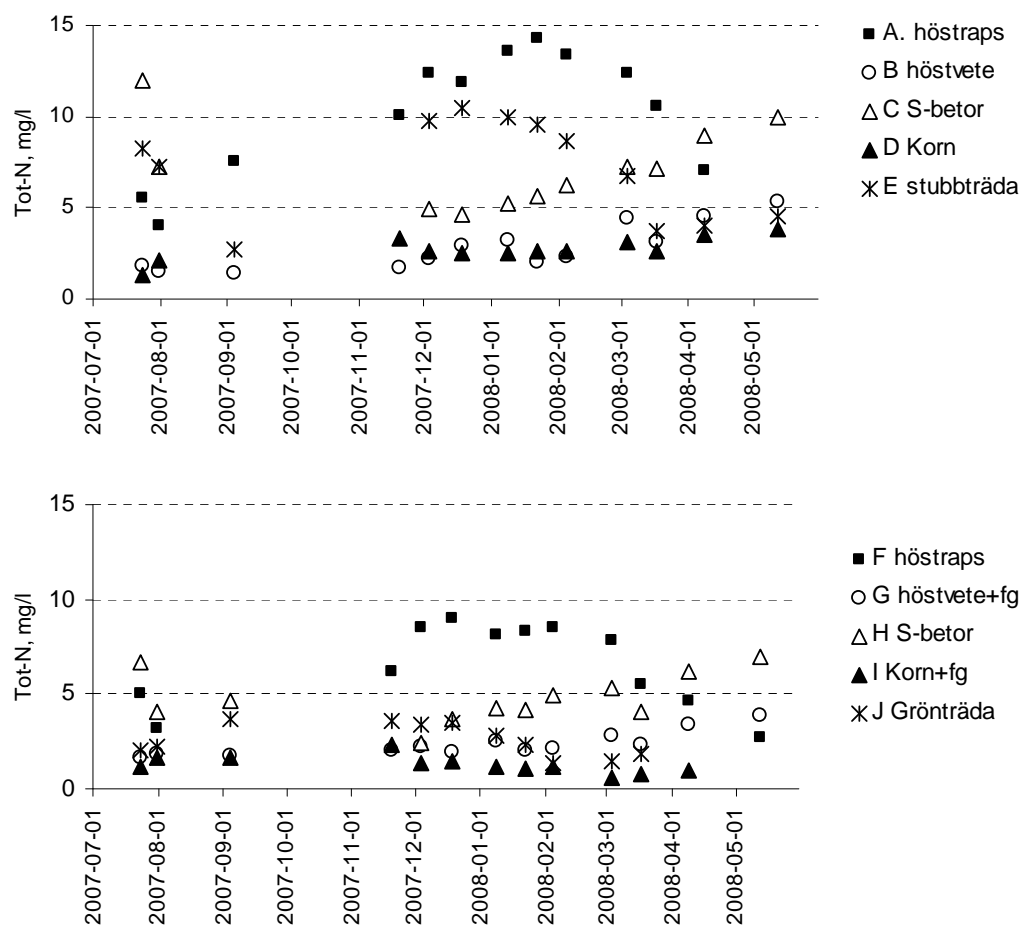
Kvävekoncentrationernas variation

Avrinningsåret 2006/2007 används här för att illustrera kvävekoncentrationernas dynamik under ett år med omfattande utlakning, figur 9a och b. Det framgår tydligt att de olika grödorna (med kopplade odlingsåtgärder) följer samma dynamik i de båda växtföljdsvarianterna. I samband med kraftiga regn sommaren 2007 uppstod avrinning. De grödor som då uppvisade högst koncentrationer av kväve i dräneringsvattnet var sockerbetor, stubbträda och höstraps. Det är tänkbart att betorna förlorade en del av oupptaget gödselkväve i samband med denna tidiga avrinning. Trädan avdödades den 10 juli och redan den 23 juli verkade det alltså synas spår av kväve som frigjorts från det lättomsättbara växtmaterialet i stubbträdan. Effekten kvarstod under hösten. Också rapsen med dess kväverika växtrester hade höga halter hela vintern, vilka klingade av först framåt våren 2008. Grönträdans växtmaterial verkade betydligt mer svåromsättbart och höstrapsen höll effektivt nere koncentrationerna av kväve. Detsamma gällde fånggrödan efter kornet. Årsmedelkoncentrationen av totalkväve i led I detta år var 1,2 mg/l och nitratkvävekoncentrationen 0,8 mg/l. Det är mycket låga koncentrationer när det gäller åkermark.

Sockerbetorna uppvisade ett annorlunda mönster jämfört med flera av de andra grödorna. Efter en liten topp i samband med sommarens avrinning var koncentrationerna låga när höstens avrinning tog fart. Sedan steg koncentrationerna successivt ända fram till våren 2008. Under den period när avrinningen var som störst under vintern var de ändå inte särskilt höga vilket gjorde att betornas läckage var högst måttligt under de flesta år. Den långa växtsäsongen gör troligen att det dröjer ett tag innan större mängder utlakningsbart kväve byggs upp i marken. Den kväverika betblasten utgör uppenbarligen inget direkt hot när det gäller utlakning, även om det kanske är en effekt av den man ser genom de ökande koncentrationerna under vintern. Tidigare studier i försöket visar att bortförsel av betblast kan minska utlakningsrisken något men troligen förloras en hel del av blastens kväve till luften, där både ammoniakavgång och denitrifikation är tänkbara förlustvägar.



Figur 8. Kväveutlakning från några led med olika marktäckning och tidpunkter för jordbearbetning



Figur 9 a och b. Uppmätta koncentrationer av totalkväve i dräneringsvattnet efter odling av olika grödor under att av försöksåren (juli 2007-juni 2008)

Glyfosat i dräneringsvattnet

Provtagning för att undersöka om kemisk avdödning av fånggrödor kunde spåras i dräneringsvattnet senare under hösten gjordes 2007. Trädorna behandlades med glyfosat den 10 juli 2007 (Roundup Bio 4,0 l/ha). Provdunk för analys av glyfosat sattes ut i september 2007. Då hade redan sommaren avrinningstopp passerat (48 mm i led E och 24 mm i led I). Sedan följde en period med mycket lite avrinning och vid tömning av dunken i november hade endast några få ytterligare millimeters avrinning skett. Det kunde konstateras att den kemiska avdödningen under denna ganska speciella sommar med kraftig avrinning gav synliga effekter i dräneringsvattnet. Vid denna enstaka provtagning fanns spår av glyfosat och dess nedbrytningsprodukt AMPA i led I efter grönträdan och mätbara halter av glyfosat (1,2 µg/l) efter stubbträdan i led E. Frågan återstår om glyfosatet under ett mer normalår hade hunnits brytas ned innan det utsattes för transport nedåt i profilen. I försök på styv lera i Västergötland återfanns glyfosat snabbt i det första avrinnande vattnet efter behandling, oavsett tidpunkt för behandling (Aronsson et al., 2008).

Tabell 11. Årsavrinning (mm), årlig utlakning (kg/ha) och årsmedelkoncentrationer (mg/l) av kväve och fosfor i dräneringsvattnet. Årsvärdena anges för agrohdrologiska år (1 juli-30 juni)

Dräneringsvatten. Koncentrationer anges för dräneringsvattnet (1 juni - 30 juni)									Konc. i dräneringsvattnet (mg/l)		
Led	Gröda	Eftergröda	ruta	Avrinning	Läckage (kg/ha)		PO ₄ -P	Tot-P	NO ₃ -N	Tot-N	PO ₄ -P
				(mm)	NO ₃ -N	Tot-N					
2003/04											
A	Höstraps	höstvete	5	210	17	21			8,1	9,8	
B	Höstvete		6	133	17	21			13,1	15,6	
C	Betor		7	127	16	19			12,6	14,9	
D	Vårkorn		10	131	8	9			5,9	6,7	
E	Stubbträda	höstraps	8	163	5	5			2,8	3,4	
F	Höstraps	höstvete	1	129	6	7			4,6	5,2	
G	Höstvete	rajgräs	2	138	8	9			5,9	6,9	
H	Betor		3	123	11	14			8,9	11,2	
I	Vårkorn	rajgräs	9	188	6	6			3,0	3,3	
J	Grönträda	höstraps	4	178	4	4			2,0	2,4	
2004/05											
A	Höstraps	höstvete	8	179	27	31			14,8	17,2	
B	Höstvete		5	264	26	30			9,7	11,3	
C	Betor		6	155	11	12			7,0	8,0	
D	Vårkorn		7	301	14	16			4,7	5,3	
E	Stubbträda	höstraps	10	195	3	4			1,6	1,8	
F	Höstraps	höstvete	4	175	17	19			9,6	11,0	
G	Höstvete	rajgräs	1	177	9	10			5,3	5,9	
H	Betor		2	156	9	10			5,5	6,2	
I	Vårkorn	rajgräs	3	216	4	4			1,6	1,8	
J	Grönträda	höstraps	9	285	3	3			0,9	1,1	
2005/06											
A	Höstraps	höstvete	10	84	9	10	0,01	0,02	10,3	12,0	0,010
B	Höstvete		8	73	8	10	0,01	0,01	11,2	13,2	0,009
C	Betor		5	121	13	14	0,01	0,02	10,6	11,9	0,011
D	Vårkorn		6	112	11	11	0,01	0,02	9,4	9,7	0,012
E	Stubbträda	höstraps	7	136	4	5	0,01	0,02	3,0	3,6	0,009
F	Höstraps	höstvete	9	120	10	11	0,01	0,02	8,6	9,4	0,009
G	Höstvete	rajgräs	4	106	5	6	0,01	0,01	4,5	5,3	0,010
H	Betor		1	91	7	8	0,01	0,02	8,1	9,1	0,010
I	Vårkorn	rajgräs	2	145	4	5	0,02	0,02	3,0	3,6	0,012
J	Grönträda	höstraps	3	115	2	3	0,01	0,02	2,0	2,4	0,011
2006/07											
A	Höstraps	höstvete	7	384	24	27	0,07	0,09	6,3	7,1	0,018
B	Höstvete		10	274	27	33	0,05	0,13	9,8	12,0	0,020
C	Betor		8	202	15	18	0,05	0,07	7,4	8,9	0,023
D	Vårkorn		5	423	63	69	0,08	0,11	14,9	16,4	0,019
E	Stubbträda	höstraps	6	307	42	46	0,06	0,08	13,7	15,0	0,019
F	Höstraps	höstvete	3	412	22	25	0,08	0,14	5,4	6,0	0,019
G	Höstvete	rajgräs	9	322	23	26	0,07	0,11	7,2	7,9	0,021
H	Betor		4	270	18	21	0,05	0,09	6,7	7,8	0,018
I	Vårkorn	rajgräs	1	328	23	26	0,07	0,11	7,1	8,1	0,022
J	Grönträda	höstraps	2	376	22	25	0,08	0,13	5,9	6,5	0,021
2007/08											
A	Höstraps	höstvete	6	184	15	19	0,03	0,04	8,1	10,3	0,016
B	Höstvete		7	179	5	6	0,03	0,04	2,7	3,1	0,015
C	Betor		10	130	10	11	0,02	0,03	7,6	8,3	0,017
D	Vårkorn		8	146	3	4	0,03	0,04	2,1	2,5	0,018
E	Stubbträda	höstraps	5	274	19	21	0,04	0,06	6,8	7,5	0,015
F	Höstraps	höstvete	2	189	11	12	0,03	0,05	6,0	6,6	0,017
G	Höstvete	rajgräs	3	274	6	6	0,04	0,05	2,0	2,3	0,014
H	Betor		9	215	10	11	0,04	0,06	4,8	5,2	0,019
I	Vårkorn	rajgräs	4	235	2	3	0,04	0,06	0,8	1,2	0,016
J	Grönträda	höstraps	1	174	4	4	0,03	0,05	2,1	2,5	0,017
Medel											
A	Höstraps	höstvete		208	18	22	0,04	0,05	9,5	11,3	0,014
B	Höstvete			185	17	20	0,03	0,06	9,3	11,0	0,014
C	Betor			147	13	15	0,03	0,04	9,0	10,4	0,017
D	Vårkorn			223	20	22	0,04	0,05	7,4	8,1	0,016
E	Stubbträda	höstraps		215	14	16	0,04	0,05	5,6	6,3	0,014
F	Höstraps	höstvete		205	13	15	0,04	0,07	6,9	7,6	0,015
G	Höstvete	rajgräs		203	10	11	0,04	0,06	5,0	5,6	0,015
H	Betor			171	11	13	0,03	0,06	6,8	7,9	0,016
I	Vårkorn	rajgräs		222	8	9	0,04	0,07	3,1	3,6	0,017
J	Grönträda	höstraps		226	7	8	0,04	0,07	2,6	3,0	0,016

SLUTSATSER

Utifrån de mål som fanns med projektet framkom följande slutsatser:

Att hålla marken bevuxen med insådd fånggröda under hösten gav ett effektivare skydd mot utlakning än en riklig ogräsvegetation. I ogräsvegetationen var kvävehalten ofta högre och materialet troligen mer lättomsättbart, vilket ledde till att mer utlakningsbart kväve frigjordes under höst och vinter. Grönträda gav alltså mindre utlakning första vintern än stubbträda.

För att en fånggröda ska kunna utnyttjas riktigt effektivt och minska kväveutlakningen ska den helst växa till våren. Det framgick vid jämförelse av led med nedbrukning av fånggröda i slutet av november och led med fånggröda som övergick i grönträda.

Att utesluta jordbearbetningen helt på hösten, även då ingen fånggröda odlades, ledde till att utlakningen blev lägre de flesta år än då marken bearbetades på hösten. Enbart senareläggning av jordbearbetningen på hösten hade under ett par år ingen tydlig utlakningsminskande effekt, men underlaget är osäkert.

Höstvetet som såddes under första halvan av september efter höstraps hade god tillgång till kväve i marken. Tillväxten och kväveupptaget blev stort, 20-30 kgN/ha. Ändå var utlakningen relativt stor vilket troligen delvis berodde på att det fanns överblivet gödselkväve kvar i marken efter rapsgrödan.

Kemisk brytning av trädor i juli 2007 gav upphov till mätbara halter av glyfosat i dräneringsvattnet under hösten. Brytningen fick olika effekt på mineralkvävedynamiken i marken. I stubbträdan skedde en omedelbar frigörelse av kväve i marken och rapsen som såddes på hösten fick god tillgång till kväve även utan gödsling. I grönträdan där växtmaterialet ofta hade kvävehalter <1% skedde däremot en fastläggning av kväve under flera år efter avdödning av fånggrödan. Rapsen växte här betydligt sämre och en slutsats är att det är tveksamt att utesluta höstgödsling till höstraps efter grönträda som denna.

REFERENSER

- Hessel, K., Aronsson, H., Lindén, B., Stenberg, M., Rydberg, T. och Gustafson, A. 1998. Höstgrödor- Fånggrödor- Utlakning-kvävedynamik och kväveutlakning på en moränlättna i Skåne, *Ekohydrologi* nr 46, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Aronsson, H. och Torstensson, G. 2003. Höstgrödor-Fånggrödor-Utlakning, Kvävedynamik och kväveutlakning i två växtföljder på moränlättna i Skåne. Resultat från 1993-2003. *Ekohydrologi* nr 75, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Aronsson, H., Torstensson, G. Och Lindén, B. 2003. Långliggande utlakningsförsök på lätt jord i halland och Västergötland, Effekter av flytgödseltillförsel, insådda fånggrödor och olika jordbearbetningstidpunkter på kvävedynamiken i marken och kväveutlakningen. Resultat från perioden 1998-2002. *Ekohydrologi* nr 74, Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Roland, J. och Tunared, R. 2000. Höstsäds kväveupptag under hösten. Rapport 5, serie B Mark och växter, Avdelningen för Precisionsodling, Institutionen för Mark & Miljö, SLU, Uppsala
- SCB. 2009. Normskördar för skördeområden, län och riket 2003-2007. <http://www.scb.se/JO0602>
- Aronsson, H., Stenberg, M. & Ulén, B. 2008. Chemical treatment of cover crops –effects on leaching of N, P and glyphosate. In: Proceedings from NJF seminar 401 “Phosphorus management in Nordic-Baltic agriculture”, Uppsala, Sweden 22-23 sept 2008, NJF report.